

ПРОБЛЕМА ФОСФОРА В ПОЧВАХ ПОДМОСКОВЬЯ И ПУТИ ЕЕ РЕШЕНИЯ

А.А. Ермаков, к.б.н., ЦАС «Московский», В.Г. Муленков, к.с.-х.н., ЗАО «Фирма Моссельхозхимия»

Показана динамика содержания подвижного фосфора в почвах хозяйств Московской области. Приведен химический состав фосфоритной муки в зависимости от месторождений. Дан расход фосфоритной муки на повышение содержания в почве подвижного фосфора.

Ключевые слова: подвижный фосфор, дерново-подзолистая почва, агрохимическое обследование почв.

Содержание подвижных форм фосфора – один из основных показателей плодородия земель сельскохозяйственного назначения.

По определению А.Е. Ферсмана (1958), фосфор – «элемент жизни и мысли – он будет нужен человечеству всегда, и это необходимо иметь в виду, как сегодня, так и в будущем».

Фосфор – обязательная составная часть живой клетки. Он единственный элемент, отвечающий за энергетический баланс в биосфере и почвенной среде. Резервный фонд фосфора полностью сосредоточен в земной коре. Поэтому природные запасы фосфора в почве определяются содержанием его в материнских почвообразующих породах. Дерново-подзолистые почвы бедны фосфором, запасы его в пахотном слое в большинстве случаев не превышают 2–3 т/га (Гинзбург, 1977).

В природе не существует естественных источников пополнения запасов фосфора в почве. Не решает проблему фосфора и применение органических удобрений, даже в больших дозах, если они не завозятся со стороны.

Д.Н. Прянишников отмечал, что как бы правильно не применялся навоз, он не может вернуть почве того, что сам не содержит, то есть крупной доли фосфора, отчужденного из хозяйства в проданном зерне, костях животных, в молоке и т.д. Таким образом, почва постепенно, но неуклонно теряет свой фосфор (или, по крайней мере, его усвояемую часть), и за определенным пределом фосфор попадает в положение того минимального фактора, которого наиболее не достает для получения хорошего урожая.

Следовательно, поддержание фосфатного питания растений на должном уровне связано с требованиями не только полеводства, но и животноводства. При недостатке фосфора невозможно получить качественные корма. Например, каждый литр молока содержит в среднем 0,9 г P_2O_5 . От 100 коров, дающих по 5 тыс. кг молока, отчуждается с товарной продукцией столько фосфора, сколько его находится в 7 т 20%-ного суперфосфата.

Данные многочисленных исследований доказывают, что оптимумы обеспеченности почв фосфором находятся в пределах значений содержания подвижного фосфора (P_2O_5): для песчаных почв – 150–200 мг/кг, для супесчаных – 200–250, для глинистых и суглинистых почв – 250–300 мг/кг почвы.

По результатам исследований Государственной агрохимической службы, этим требованиям не соответствует значительная часть земель Московской области, и в последние годы деградация их возрастает.

На 01.01.1998 г., когда в Московской области были достигнуты наилучшие показатели плодородия почв, средневзвешенный показатель P_2O_5 составлял 211 мг/кг почвы при исходном уровне естественного плодородия, установленного при первом цикле агрохимического обследования (на 01.01.1971 г.) – 64 мг/кг почвы.

Это свидетельствует о проведении огромной работы по повышению плодородия почв Подмоскovie, а главным фактором был уровень использования фосфорных удобрений. На 1 га посевных площадей за 1971–1988 гг. было внесено с удобрениями по 1135 кг P_2O_5 , за 1986–1990 гг. еще по 375 кг P_2O_5 . Таким образом, каждые 102 кг P_2O_5 , внесенные в те годы, обеспечили в среднем повышение содержания подвижных форм фосфора в пахотном слое на 10 мг P_2O_5 на 1

кг почвы. Эти данные близки к нормативному расходу P_2O_5 на повышение содержания в почве подвижного фосфора на 10 мг/кг почвы, изложенных в исследованиях В.Г. Уточкина (1989), И.Н. Чумаченко (2003) и др. Существенная роль при этом отводилась фосфоритованию почв. В период с 1974 по 1991 г. было профосфоритовано в Московской области более 700 тыс. га низкоплодородных земель и внесено на эту площадь около 1 млн т фосфоритной муки. В среднем за 1 год эти работы проводили на площади 40–50 тыс. га с внесением более 60 тыс. т фосфоритной муки в физической массе.

Однако с 1992 г. объемы фосфоритования начали резко снижаться и были доведены с 42 тыс. га в 1991 г. до 1,5 тыс. га в 1996–1997 гг., а затем эту работу совсем прекратили.

В эти же годы уровень применения фосфорных удобрений снизился с 56 до 4 кг P_2O_5 на 1 га посевной площади, а органических удобрений – с 8,9 до 3 т/га. В земледелии Московской области сложился резко отрицательный баланс фосфора, в результате начался закономерный процесс снижения его запасов в почве, особенно заметно в последние годы, что подтверждают результаты агрохимического обследования, проведенного ЦАС «Московский» в 2011–2012 гг.

В настоящее время в целом по области средневзвешенный показатель P_2O_5 составляет 160 мг/кг почвы и более 30% пахотных земель, или около 300 тыс. га обследованной пашни, имеют содержание P_2O_5 менее 100–150 мг/кг почвы, а в отдельных хозяйствах их доля достигает 46–73%. Это подтверждают данные, представленные в таблице 1.

Для анализа изменения содержания подвижных форм фосфора изучены материалы пяти наиболее типичных хозяйств Московской области, расположенных в различных районах и имеющих преимущественно среднесуглинистые почвы.

Из таблицы видно, что между двумя последними циклами обследования во всех хозяйствах наблюдается снижение содержания подвижных форм фосфора в почве. Удельный вес почвы с недостаточным содержанием фосфора (до 150 мг/кг P_2O_5) увеличился в среднем с 37,1 до 58,9%. Одновременно с этим уменьшился средневзвешенный показатель P_2O_5 с 215 до 166 мг/кг почвы. Проведенные расчеты показали, что при отсутствии известкования, фосфоритования и при уровне применения фосфорных удобрений до 10 кг д.в./га, ежегодное снижение средневзвешенного показателя P_2O_5 составило 3,91 мг/кг почвы.

Достичь оптимальный фосфатный режим за счет водорастворимых фосфорных удобрений при сегодняшнем уровне их применения и ценах нереально.

Один из наиболее эффективных способов решения проблемы пополнения запасов подвижного фосфора в почве – применение фосфоритной муки.

В связи с тем, что в последние годы фосфоритование почв в большинстве регионов РФ практически не проводили, было свернуто и производство фосфоритной муки. Возврат к ее применению стал возможен с началом промышленного производства фосфоритной муки на территории СНГ в Республике Казахстан, входящей в единое таможенное пространство с РФ, на базе Чилисайских желваковых фосфоритов (разведанный запас – около 700 млн т).

Фосфоритная мука производится путем размала предварительно обогащенных природных желваковых фосфоритов – минералов осадочного происхождения, главная составляющая часть которых $Ca_3(PO_4)_2 \cdot Ca(OH)_2$. Это порошок серого, серо-коричневого или бурого цвета различных оттенков, без запаха, без доступа атмосферных осадков, не слеживается даже при длительном хранении и не теряет физико-химических свойств, не гигроскопичен,

хорошо рассеивается, не токсичен, пожаро- и взрывобезопасен, не загрязняет токсичными компонентами почвенные воды и водоемы, не нарушает экологию

местности, не вымывается из почвы, крупность – не более 10% остатка на сите 0,18 мм, влажность не более 1,5%.

1. Динамика содержания подвижного фосфора между двумя последними циклами агрохимического обследования почв в некоторых хозяйствах Московской области

Наименование хозяйства	Почва	Предыдущий цикл обследования			Последний цикл обследования			Увеличение кол-ва почв с недостаточным содержанием P_2O_5 (до 150 мг/кг), %	Изменение средневозвешенного показателя P_2O_5 , мг/кг	
		Год обследования	Кол-во почв с недостаточным содержанием P_2O_5 (до 150 мг/кг), %	Средне-возвешенный показатель P_2O_5 , мг/кг	Год обследования	Кол-во почв с недостаточным содержанием P_2O_5 (до 150 мг/кг), %	Средне-возвешенный показатель P_2O_5 , мг/кг		между циклами обследования	в среднем за год
ОПХ им.Мерецкова	Серая леная	2000	20,8	244	2011	46,1	192	25,3	52	4,7
АОЗТ «Дубенское»	Дерновоподзолистая	1998	50,2	195	2012	55,3	173	5,1	22	1,57
АОЗТ «Новый быт»	То же	1998	31,1	219	2012	53,3	178	22,5	41	2,93
ООО «Стремилоское»	>>	1998	28,7	244	2012	51,1	193	22,4	31	2,21
ЗАО «Цветковский»	>>	2005	55,6	190	2012	73,4	133	17,8	57	8,14
В среднем			37,1	215	-	58,9	166	21,8	49	3,91

Химический состав фосфоритной муки в зависимости от месторождений приведен ниже.

Химический состав	Чилисайское месторождение	Егорьевское месторождение
	%	
P_2O_5	18-19	20-22
CaO	33,0	32-36
MgO	0,6	1,1-1,4
Fe_2O_3	2,1	4,6-4,7
F	2,3	2,0-3,0
CO ₂	3,9	4,1-7,0
SiO ₂	35,0	17-20
Растворимость в 2%-ной лимонной кислоте	55-60	25,4

Как видно из представленных данных, особенность Чилисайских фосфоритов состоит в том, что до 60% фосфатной составляющей находится в лимонно-растворимой форме, которая легко усваивается растениями. Это дает основание рекомендовать их к использованию не только в качестве мелиоранта для фосфоритования кислых почв, но и для применения в качестве основного фосфорного удобрения, наряду с такими, как суперфосфат, аммофос и др.

Таким образом, фосфоритная мука Чилисайского месторождения, в отличие от других месторождений фосфоритов, является хорошей альтернативой водорастворимым фосфорным удобрениям. Кроме того, на Егорьевском месторождении производство фосфоритной муки в промышленных объемах до настоящего времени не восстановлено.

Фосфоритная мука Чилисайского месторождения производится по действующему в РФ ГОСТу 5716-74 и занесена в «Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории РФ».

Основные агрономические и агрохимические преимущества фосфоритной муки:

она в 2–3 раза эффективнее повышает содержание P_2O_5 в почве, чем водорастворимые формы фосфорных удобрений. Проведенные опыты (Доспехов, 1975) показывают, что при внесении двойного суперфосфата большая часть фосфора (63%) переходит во фракцию алюмо- и железифосфатов, малодоступных для растений. Применение фосфоритной муки сопровождается увеличением доли фосфора, включившегося в состав фракции кальций-фосфатов и остаточных фосфатов;

применение фосфоритной муки в высоких дозах (1-3 т/га) позволяет в достаточно короткий срок повысить в почве содержание подвижного фосфора в пахотном слое на 40–50 мг/кг и довести его до оптимального уровня, т.е. фосфоритная мука служит надежным средством формирования целенаправленных фосфатных фонов почв;

фосфоритная мука одновременно является химическим мелиорантом, улучшающим структуру почв и понижающим их кислотность, так как с 1 т фосфоритной муки в почву вносится до 500 кг известковых материалов в пересчете на CaCO₃;

фосфоритная мука в отличие от суперфосфата и аммофоса не взаимодействует с оксидами железа и алюминия, которые содержатся в почве и фиксируют часть подвижного фосфора, переводя его в неусвояемую растениями форму;

фосфоритная мука занимает первое место среди фосфорных удобрений по длительности положительного влияния на урожай. Длительность действия фосфоритной муки составляет 5 лет и более, в то время как традиционные водорастворимые фосфаты необходимо, как правило, вносить ежегодно;

фосфоритная мука является комплексным минеральным удобрением, содержащим кроме основного элемента питания фосфора (P_2O_5 не менее 19%) кальций, серу, магний, кремний, натрий, калий, а также широкий спектр микроэлементов: железо, цинк, марганец, кобальт, в количествах, достаточных для полного обеспечения ими возделываемых культур. Это особенно важно, когда микроудобрения в чистом виде практически перестали применять;

перечисленные свойства фосфоритной муки способствуют повышению урожайности культур, устойчивости растений к различным заболеваниям, полеганию и засухе, ускорению созревания растений, благоприятно влияют на улучшение пищевых достоинств качественной продукции, повышают содержание сырого протеина и фосфора в зерне и сене, сахара в корнеплодах сахарной свеклы и крахмала в клубнях картофеля, качество льна, обеспечивают повышенное содержание белка в зерне, повышают зимостойкость озимых культур и клевера. Особенно эффективна фосфоритная мука для культур, корневая система которых имеет кислотные выделения: люпин, гречиха, горчица, горох и т.д.;

фосфоритная мука является относительно дешевым, быстро производимым и экологически безопасным удобрением. 1 кг P_2O_5 в фосфоритной муке вдвое дешевле 1 кг P_2O_5 в аммофосе. Проведенные расчеты показывают, что

расходы на приобретение, хранение, транспортировку и внесение в почву фосфоритной муки составляют около 63% затрат на применение двойного суперфосфата, и это определяет ее рентабельность в современных условиях (Чумаченко, 2003 г.);

в зону наиболее эффективного прямого действия фосфоритной муки входят дерново-подзолистые и серые лесные почвы, а также выщелоченные и оподзоленные черноземы.

Исходя из изложенных показателей качества и свойств, можно рекомендовать следующие схемы применения фосфоритной муки Чилисайского месторождения.

1. Фосфоритование почв. Используют как прием коренного, мелиоративного улучшения низкоплодородных земель, при котором фосфоритную муку, как основное удобрение вносят при летне-осенней обработке почвы в дозе 1–3 т/га в физической массе один раз в 5–6 лет.

При этом следует иметь в виду, что фосфоритование не разовое мероприятие. С учетом постоянно происходящих потерь фосфора из почвы и повышения требований к её плодородию при интенсификации земледелия, фосфоритование и в дальнейшем должно носить периодический характер с циклом 1 раз в 5–6 лет с уточнением доз внесения фосфоритной муки по результатам последнего агрохимического обследования почв.

Основными условиями эффективного действия фосфоритной муки при фосфоритовании почв являются повышенная кислотность почв (рН до 5,5), ненасыщенность основаниями и невысокая степень обеспеченности почв подвижными соединениями фосфора (до 10–15 мг/100 г). В этих условиях фосфоритная мука не уступает по эффективности суперфосфату, а по длительности действия при больших дозах внесения превосходит его. При внесении фосфоритной муки в почву с кислой средой повышается доля легкоусвояемых фосфатов с 45 до 80%, увеличивается содержание в почве подвижного фосфора, кальция, серы, с одновременным снижением кислотности почвы и увеличением коэффициента использования азотных удобрений.

При планировании работ по фосфоритованию почв учитывают, что в первую очередь их следует выполнять на почвах с рН до 5,5 и содержанием P_2O_5 до 100 мг/кг. Установлено, что положительное действие фосфоритной муки проявляется и на почвах с рН до 6,0 и содержанием P_2O_5 до 150 мг/кг. Поэтому во вторую очередь фосфоритование следует проводить на таких почвах.

Фосфоритную муку нецелесообразно применять совместно с известью и на только что известкованных полными дозами извести почвах. При известковании ее следует вносить заблаговременно, чтобы она успела прореагировать с почвой или в разные слои пахотного горизонта: фосфоритную муку – под вспашку, известь – под культивацию или наоборот.

Технология перевозки и внесения фосфоритной муки при фосфоритовании почв аналогична таковой для пылевидных известковых материалов.

Исходя из изложенного, и с учетом степени использования пашни в Московской области, ежегодная потребность в фосфоритной муке в ближайшие годы только для фосфоритования составляет не менее 30–37 тыс. т физической массы. Ежегодный объем фосфоритования должен быть не менее 20–25 тыс. га.

Все особенности проведения работ по фосфоритованию почв отражают в проектно-сметной документации, разрабатываемой ЦАС «Московский» по заявкам сельхозтоваропроизводителей на очередной год по предельным расчетным ценам на химические мелиоранты, их доставку и внесение, утверждаемым ежегодно в установленном порядке.

Для определения доз фосфоритной муки при подготовке проектно-сметной документации можно использовать два метода.

Первый метод. Дозы фосфоритной муки устанавливают в зависимости от содержания P_2O_5 в почве (Чумаченко, 2003):

Доза P_2O_5 кг/га	Содержание подвижного фосфора в почве, мг/кг
480	До 50
360	51-100
240	101-150
120	151-250
0	Более 250

Второй метод. Дозы фосфоритной муки устанавливают расчетным способом по нормативам расхода P_2O_5 для повышения содержания подвижного фосфора в почве на 10 мг/кг по формуле (Уточкин, 1989; Войтович, Сушеница, Капранов и др., 2004):

$$D = (B - A) \times C / 10,$$

где D – доза фосфоритной муки (P_2O_5), кг д.в./га; B – планируемый уровень содержания P_2O_5 в почве, мг/кг; A – фактическое содержание P_2O_5 в почве, мг/кг; C – расход P_2O_5 для повышения его содержания на 10 мг/кг почвы (из табл. 2).

2. Расход фосфоритной муки (P_2O_5 , кг/га) на повышение содержания в почве подвижного фосфора на 10 мг/кг почвы по группам обеспеченности

Почва	Гранулометрический состав почвы	P_2O_5 , кг/га		
		I	II	III
Дерново-подзолистая	Песчаные, супесчаные	60	55	50
	Легкие суглинки	70	65	60
	Средние суглинки	90	80	70
	Тяжелые суглинки	120	100	90
Дерново-глеевая	Средние суглинки	160	140	120
Серая лесная	Легкие суглинки	80	70	60
	Средние суглинки	110	100	90
	Тяжелые суглинки	140	120	100
Чернозем выщелоченный	Легкие суглинки	90	80	70
	Средние суглинки	100	90	80
	Тяжелые суглинки	120	100	90

Примечание. Группы обеспеченности: I – очень низкая (содержание P_2O_5 0–25 мг/кг), II – низкая (содержание P_2O_5 25–50 мг/кг), III – средняя (содержание P_2O_5 50–100 мг/кг).

2. Ежегодное применение фосфоритной муки в качестве основного удобрения. Учитывая, что фосфоритование почв высокими дозами (1–3 т/га) – сравнительно дорогой прием, и без участия бюджетных средств не многие сельхозтоваропроизводители в состоянии изыскать собственные средства на эти цели, фосфоритная мука Чилисайского месторождения может успешно использоваться в качестве минерального удобрения (независимо от содержания P_2O_5 в почве) как основное удобрение. Возможно применение фосфоритной муки ежегодно в рекомендуемой дозе (по д.в.), а в качестве предпосевного – водорастворимые фосфорные удобрения (аммофос, суперфосфат и т.д.) в дозе 10–15 кг д.в./га, вносимые в рядки или в лунки при посеве. Это особенно актуально в настоящее время, когда известкование проводится крайне недостаточно, и преобладающий фон составляют почвы с повышенной кислотностью (рН до 5,5).

Учитывая, что фосфоритная мука содержит не менее 33% CaO , вносимой в качестве основного удобрения, её практически достаточно для полной нейтрализации применяемых физиологически кислых азотных удобрений, и в первую очередь аммиачной селитры. К тому же фосфоритная мука, при внесении с физиологически кислыми азотными удобрениями увеличивает коэффициент их использования на 15–20%, в результате возможно снижение дозы их внесения на 25–30%.

Важно также помнить, что при внесении фосфорных удобрений на кислых почвах образуются преимущественно фосфаты алюминия и железа. Доступность фосфатов

снижается при подкислении почв. При pH ниже 5,3 разрушаются многие вторичные глинистые минералы и высвобождаются ионы трехвалентного железа и алюминия, которые реагируют с фосфат-ионами, образуя труднодоступные растениям соединения. Следовательно, для обеспечения благоприятных условий фосфатного питания на кислых почвах необходимо, наряду с внесением фосфорных удобрений, поддерживать оптимальную кислотность.

3. Приготовление на основе фосфоритной муки навозных, торфонавозных и торфяных компостов, органоминеральных удобрений (ОМУ). Это увеличивает эффективность их применения.

При приготовлении компостов фосфоритную муку берут в дозе 2–4 % по массе от органических удобрений.

Фосфоритную муку можно смешивать с другими удобрениями, например с сульфатом аммония, аммиачной селитрой, хлористым калием. Нельзя смешивать её только с известковыми удобрениями, так как растворимость фосфоритной муки в этом случае уменьшается.

Выводы. 1. Фосфоритная мука – эффективный и незаменимый источник повышения плодородия почв Подмосквья, и возврат к фосфоритованию неизбежен. Ежегодный объем работ по фосфоритованию почв в Московской области должен составлять не менее 20–25 тыс.га, что позволит стабилизировать достигнутый уровень содержания P_2O_5 в почве и обеспечит дальнейшее его повышение.

2. Фосфоритная мука Чилисайского месторождения представляет собой комплексное удобрение. Она является хорошим мелиорантом для фосфоритования почв, а также альтернативой водорастворимым фосфорным удобрениям для применения в качестве основного удобрения при выращивании сельскохозяйственных культур.

3. При планировании целенаправленного повышения содержания подвижных форм фосфора в почве следует использовать норматив, рассчитанный по фактическим данным Московской области. Для повышения содержания P_2O_5 на 10 мг/кг почвы необходимо вносить 102 кг P_2O_5 в форме фосфоритной муки. Этот норматив может служить дополнением к данным, представленным в таблице 2.

4. При прогнозировании уровня содержания P_2O_5 в почве по хозяйствам, где агрохимическое обследование проведено 4–5 и более лет назад, нужно учитывать фактический норматив ежегодного снижения средневзвешенного показателя P_2O_5 в размере 3,8–4,0 мг/кг почвы в зависимости от гранулометрического состава. Этот норматив целесообразно использовать и при подготовке ПСД на фосфоритование почв для корректировки исходного уровня содержания P_2O_5 в почве в зависимости от срока последнего агрохимического обследования.

Вышеназванный норматив пригоден для хозяйств, уровень применения фосфорных удобрений в которых, включая фосфоритную муку, не превышает 10–20 кг P_2O_5 на 1 га. В остальных случаях при прогнозировании необходимо учитывать количество внесенных фосфорных удобрений.

Литература

1. Ферсман А.Е. Избранные труды. - Т. IV. - М.: Изд-во АН СССР, 1958.
2. Прянишников Д.Н. - М., 1963.
3. Петербургский А.В. Агрохимия. - М.: Колос, 1975.
4. Уточкин В.Г. Рекомендации «Фосфоритование почв Нечерноземной зоны».- М.: Агропромиздат, 1989.
5. Чумаченко И.Н. Фосфор в жизни растений и плодородие почв. - М., 2003.
6. Войтович Н.В., Сушеница Б.А., Капранов В.Н. и др. Применение промышленной фосфоритной муки и местных сыромолотых фосфоритов// Рекомендации РАСХН, НИИСХ ЦРНЗ, Немчиновка. - 2004.
7. Почвы Московской области и их использование. Т.1, 2. РАСХН, Почвенный институт им. В.В. Докучаева, НИИСХ ЦРНЗ// Под ред. Шишова Л.Л., Войтовича Н.В.; М., - 2002.
8. Почвы Московской области и повышение их плодородия/ Под ред. Кораблевой Л.И. –М.: Московский рабочий, 1974.

PHOSPHORUS PROBLEM IN SOILS OF THE MOSCOW REGION AND APPROACHES TO ITS SOLUTION

A.A. Ermakov¹, V.G. Mulenkov²

¹Moskovskii State Station of Agricultural Service, ul. Pryanishnikova 31a, Moscow, 127550 Russia,

²Firma Mossel'khozkhimiya, ul. Sadovaya-Triumfal'naya 10/13, Moscow, 10158 Russia, E-mail: agrohim_50@mail.ru

The dynamics of available phosphorus in soils of Moscow oblast has been studied. The chemical composition of phosphorite meal depending on its origin is presented. The consumption of phosphorite meal for increasing the content of available phosphorus in the soil is estimated.

Keywords: available phosphorus, soddy-podzolic soil, agrochemical survey of soils.